

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
18 décembre 2003 (18.12.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 03/105158 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ :

G21F 5/008, 5/12, 5/14, 9/36

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR03/01605

(22) Date de dépôt international : 27 mai 2003 (27.05.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :

02/7035 7 juin 2002 (07.06.2002) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **FRAM-ATOME ANP** [FR/FR]; Tour Areva, 1, place de la Coupole, F-92400 Courbevoie (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **FERLAY, Jean-Claude** [FR/FR]; 21, rue Hector Berlioz, F-71880 Chatenoy le Royal (FR). **DOMY, Alain** [FR/FR]; Champ Jean Maître, F-71290 Prety (FR).

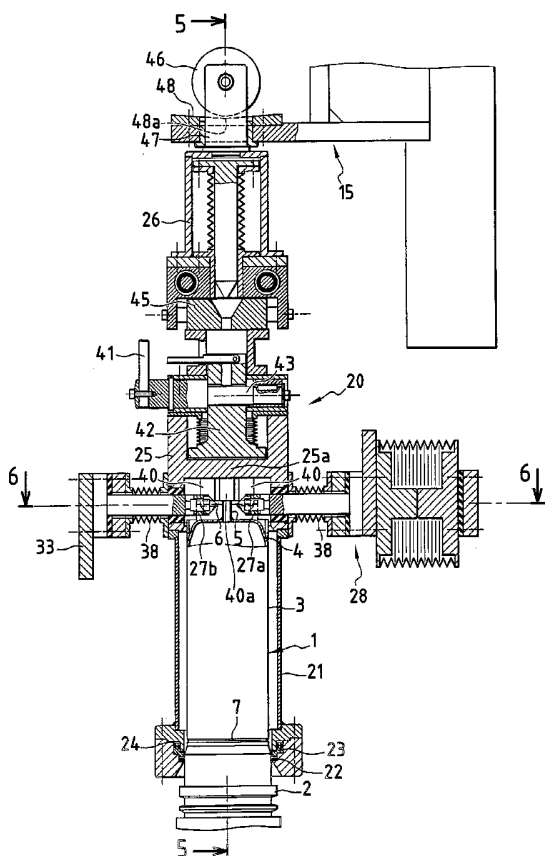
(74) Mandataires : **BOUGET, Lucien** etc.; Cabinet Lavoix, 2, place d'Estienne d'Orves, F-75441 Paris Cedex 09 (FR).

(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND AUTOMATIC INSTALLATION FOR THE AIRTIGHT AND SECURE CONFINEMENT OF USED NUCLEAR FUEL

(54) Titre : PROCEDE ET INSTALLATION AUTOMATIQUE DE CONFINEMENT ETANCHE ET SECURISE DE COMBUSTIBLE NUCLEAIRE USE



(57) Abstract: The invention relates to an automatic method for the airtight and secure confinement of used nuclear fuel in a cartridge (1) comprising two cylindrical parts (2, 3), one of which is provided with a lid (4) having a vent (5). The inventive method is characterized by the fact that the used nuclear fuel is introduced into the cartridge (1), the two parts (1) of the cartridge are welded, the second part (3) and the lid (4) are topped in an airtight manner by a caisson (20), a vacuum is created in the cartridge (1), the cartridge (1) is filled with a neutral gas, a portion of the vent (5) is crushed, said portion is strength-welded, the caisson (20) is removed, and the welds are tested as to the airtightness thereof. The invention also relates to an airtight and secure confining installation for carrying out such a method.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé automatique de confinement étanche et sécurisé de combustible nucléaire usé dans une cartouche (1) comprenant deux parties cylindriques (2, 3), dont une comporte un couvercle (4) muni d'un évent (5), caractérisé en ce que l'on introduit le combustible nucléaire usé dans la cartouche (1), on soude les deux parties (1) de la cartouche, on coiffe de manière étanche la seconde partie (3) et le couvercle (4) par un caisson (20), on fait le vide dans la cartouche (1), on remplit la cartouche (1) d'un gaz neutre, on écrase une portion de l'évent (5) et on effectue une soudure par résistance de cette portion, on retire le caisson (20) et on contrôle l'étanchéité des soudures. L'invention concerne également une installation de confinement étanche et sécurisé pour la mise en œuvre d'un tel procédé.

WO 03/105158 A1



SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Procédé et installation automatique de confinement étanche et sécurisé de combustible nucléaire usé.

La présente invention concerne un procédé et une installation
5 automatique de confinement étanche et sécurisé de combustible nucléaire usé.

Les réacteurs nucléaires tels que les réacteurs nucléaires à eau pressurisée (PWR), à eau bouillante (BWR), à eau lourde (CANTU) ou les réacteurs de type WWER ou RBMK comportent un cœur constitué par des assemblages de combustibles dans lequel de l'énergie sous forme de chaleur est
10 produite pendant le fonctionnement du réacteur.

De tels assemblages combustibles comportent des éléments de combustible nucléaire de forme allongée, par exemple à section circulaire qui sont assemblés entre eux dans des dispositions telles que leurs axes longitudinaux soient parallèles, pour constituer des faisceaux d'éléments ou
15 crayons de combustible.

Un des problèmes qui se pose à l'exploitant de centrale nucléaire est relatif au confinement des combustibles nucléaires usés qui sont extraits du cœur du réacteur nucléaire après un certain temps de fonctionnement de ce réacteur.

20 Avant le confinement, il est généralement nécessaire d'effectuer un stockage de longue durée des assemblages de combustible nucléaire après leur sortie du cœur et, avant le confinement, un entreposage temporaire en piscine dans le bâtiment de manière à faire décroître leur niveau d'activité.

Généralement, le confinement du combustible nucléaire usé est
25 réalisé dans des enveloppes fermées de manière étanche après l'introduction du combustible dans ladite enveloppe.

Pour cela, on connaît des installations où toutes les opérations de manutention et de fermeture des enveloppes sont effectuées sous eau ce qui rend ces installations complexes et difficiles à mettre en œuvre.

30 De plus, du fait de la très grande diversité de formes et de dimensions des combustibles nucléaires utilisés dans les différents réacteurs en

service, il est très difficile de concevoir un procédé et une installation de confinement totalement polyvalents.

L'invention a pour but de proposer un procédé et une installation automatique de confinement étanche et sécurisé qui évite les inconvénients
5 précédemment mentionnés.

L'invention a donc pour objet un procédé automatique de confinement étanche et sécurisé de combustible nucléaire usé dans une cartouche comprenant une première partie cylindrique obturée à une extrémité et ouverte à l'autre extrémité, une seconde partie cylindrique ouverte à une
10 extrémité et obturée à l'autre extrémité par un couvercle muni d'un évent dans l'axe de la cartouche, caractérisé en ce que :

- on introduit le combustible nucléaire usé dans la première partie de la cartouche,
- on place la seconde partie sur la première partie et on soude les
15 deux parties entre elles,
- on coiffe de manière étanche la seconde partie munie du couvercle par un caisson,
- on fait le vide dans la cartouche,
- on remplit la cartouche et le caisson par un gaz neutre sous une
20 pression contrôlée,
- on écrase une portion de l'évent et on effectue une soudure par résistance de la portion écrasée dudit évent,
- on retire le caisson, et
- on contrôle l'étanchéité des soudures en détectant une éven-
25 tuelle fuite de gaz neutre au niveau desdites soudures.

L'invention a également pour objet une installation automatique de confinement étanche et sécurisé de combustible nucléaire usé dans une cartouche comprenant une première partie cylindrique obturée à une extrémité et ouverte à l'autre extrémité, une seconde partie cylindrique ouverte à une
30 extrémité et obturée à l'autre extrémité par un couvercle muni d'un évent dans l'axe de la cartouche, caractérisée en ce qu'elle comprend :

- un ensemble comportant des moyens d'introduction du combustible nucléaire usé dans la première partie de la cartouche, des moyens de pose de la seconde partie sur la première partie et des moyens de soudage des deux parties de la cartouche entre elles,

5 - un caisson vertical supportant un tube étanche destiné à coiffer la seconde partie munie du couvercle et comportant, en outre, des moyens d'alimentation de la cartouche et du tube en gaz neutre sous pression contrôlée et des moyens d'écrasement d'une portion de l'évent et de soudage par résistance de la portion écrasée dudit évent, et

10 - un ensemble de contrôle de l'étanchéité des soudures par détection d'une éventuelle fuite de gaz neutre au niveau desdites soudures.

Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

 - le caisson est mobile en rotation et comporte aussi des moyens de positionnement angulaire dans un plan horizontal des moyens d'écrasement et de soudage par rapport à la cartouche, des moyens de positionnement vertical
15 des moyens d'écrasement et de soudage par rapport à l'évent de la cartouche, des moyens de déplacement vertical des moyens d'écrasement et de soudage et des moyens de réinitialisation en position angulaire selon une référence après soudage de la portion de l'évent,

20 - le caisson est formé par un élément inférieur supportant le tube étanche et comportant lesdits moyens de positionnement angulaire et vertical, lesdits moyens d'écrasement et de soudage et lesdits moyens de déplacement vertical et un élément supérieur relié à une potence de manutention par lesdits moyens de réinitialisation en position angulaire,

25 - l'élément inférieur du caisson est formé par un cylindre comportant une cloison transversale interne,

 - les moyens d'écrasement et de soudage sont formés par deux électrodes opposées et horizontales, déplaçables l'une vers l'autre par au moins un organe d'actionnement,

30 - les moyens de positionnement angulaire comprennent quatre pions disposés à 90° les uns par rapport aux autres et fixés au-dessous de la cloison transversale du cylindre, lesdits pions étant destinés à coopérer avec le

couvercle pour orienter le caisson au cours de son positionnement sur la cartouche,

5 - les moyens de déplacement vertical comprennent au moins un pion vertical traversant ladite cloison transversale et destiné à prendre appui sur le couvercle de la cartouche,

 - les moyens de déplacement vertical comprennent un système de commande à excentrique agissant sur un axe portant ledit pion vertical à l'intérieur du cylindre de l'élément inférieur pour déplacer vers le bas le caisson lorsque ledit pion est en appui sur le couvercle,

10 - les moyens de réinitialisation en position angulaire du caisson comprennent au moins un galet à axe horizontal monté à l'extrémité supérieure de l'élément supérieur du caisson et par au moins une surface de roulement dudit galet ménagée sur la potence et en forme de V, le fond du V correspondant à la référence de positionnement du caisson,

15 - les éléments du caisson sont reliés entre eux par une table à billes à mouvements croisés.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

20 - la Fig. 1 est une vue schématique en coupe longitudinale des deux éléments d'une cartouche de confinement de combustible nucléaire usé,

 - la Fig. 2 est une vue schématique d'un ensemble d'introduction du combustible nucléaire usé dans la cartouche et d'assemblage des différents éléments de la cartouche,

25 - la Fig. 3 est une vue schématique en coupe longitudinale de la cartouche de confinement après assemblage,

 - la Fig. 4 est une vue schématique en coupe longitudinale d'un caisson de soudage de l'évent de la cartouche de confinement,

30 - la Fig. 5 est une vue schématique en coupe longitudinale selon la ligne 5-5 de la Fig. 4,

 - la Fig. 6 est une vue schématique en coupe transversale selon la ligne 6-6 de la Fig. 4,

- la Fig. 7 est une vue schématique en coupe transversale des moyens de positionnement en rotation des moyens d'écrasement et de soudage de l'évent de la cartouche.

5 Sur la Fig. 1, on a représenté une cartouche de confinement de combustible nucléaire usé, désignée dans son ensemble par la référence 1 et qui est réalisée en métal et de préférence en acier inoxydable, présentant une forme générale tubulaire.

10 Ainsi que représentée sur cette figure, la cartouche 1 comprend une première partie cylindrique 2 obturée à l'une de ses extrémités par un fond 2a et ouverte à l'autre desdites extrémités, une seconde partie cylindrique 3 ouverte à une extrémité et obturée à l'autre extrémité par un couvercle 4 muni d'un évent 5 dans l'axe de la cartouche 1.

Le couvercle 4 comporte, de part et d'autre de l'évent 5, une patte de manutention 6 recourbée vers ledit évent 5.

15 Les parties 2 et 3 sont livrées à un atelier de chargement spécialisé qui comprend par exemple, comme représenté à la Fig. 2, une enceinte 10 étanche contenant un ensemble qui comporte des moyens d'introduction du combustible nucléaire usé dans la première partie 2 de la cartouche 1.

20 Le combustible nucléaire est placé dans la première partie 2 avec un dispositif de manutention approprié. Un bras manipulateur 11 saisit la seconde partie 3 au moyen des pattes 6 du couvercle 4 et la pose sur la première partie 2 et des moyens de sondage 12 effectuent une soudure 7 du TIG au niveau du plan de joint entre les deux parties 2 et 3 de la cartouche 1.

25 Ainsi, après l'introduction du combustible nucléaire usé, et l'assemblage des parties 2 et 3, la cartouche 1 se présente sous la forme représentée à la Fig. 3 avec l'évent 5 ouvert.

L'opération suivante consiste à obturer l'évent 5 et à effectuer un contrôle de la soudure 7 ainsi que de la fermeture étanche de l'évent 5.

30 Pour cela, un caisson vertical désigné par la référence générale 20 et représenté sur les figures 4 et 5, est placé sur la cartouche 1.

Le caisson 20 est déplaçable entre une position de stockage et une position dans laquelle il coiffe la cartouche 2, au moyen d'une potence 15 placée dans une enceinte étanche de protection vis à vis de l'environnement.

Le caisson 20 supporte un tube 21 destiné à coiffer la seconde
5 partie 3 et le couvercle 4 de la cartouche 1 et dont l'extrémité inférieure est équipée d'un organe d'étanchéité 22 sur la face externe de la première partie 2 de la cartouche 1 au-dessous de la soudure 7, ainsi que montré sur les Figs. 4 et 5.

Cet organe d'étanchéité est constitué par exemple par un joint 22
10 qui, en position d'utilisation, est comprimé par piston 23 déplaçable dans une chambre 24 au moyen d'un fluide sous pression, comme par exemple de l'air. Ce joint 22 peut également être constitué par une joint gonflable.

Pour assurer l'étanchéité, la chambre 24 est alimentée en air sous pression ce qui a pour effet de déplacer le piston 23 vers le joint 22 et de
15 comprimer ce joint 22 qui s'applique donc sur la surface externe de la première partie 2 de la cartouche 1.

D'une manière générale, le caisson 20 comporte :

- des moyens d'alimentation de la cartouche 1 et du tube 21 en gaz neutre sous pression contrôlée,
- 20 - des moyens d'écrasement d'une portion de l'évent 5 et de soudage par résistance de la portion écrasée dudit évent 5,
- des moyens de positionnement angulaire dans un plan horizontal des moyens d'écrasement et de soudage, par rapport à la cartouche 1 qui est fixe,
- 25 - des moyens de positionnement vertical des moyens d'écrasement et de soudage par rapport à l'évent 5 de la cartouche 1,
- des moyens de déplacement vertical des moyens d'écrasement et de soudage, et
- des moyens de réinitialisation en position angulaire du caisson
30 20 selon une référence après soudage de la portion de l'évent 5.

Le caisson 20 est formé par un élément inférieur 25 supportant le tube étanche 21 et comportant lesdits moyens de positionnement angulaire et

vertical, lesdits moyens d'écrasement et de soudage et lesdits moyens de déplacement vertical. Ce caisson 20 comporte également un élément supérieur 26 relié à la potence 15 de manutention par lesdits moyens de réinitialisation en position angulaire. L'élément inférieur 25 est formé par un cylindre comportant
5 une cloison transversale 25a interne.

Les moyens d'écrasement et de soudage d'une portion de l'évent
5 comprennent, comme représenté notamment sur les Figs. 4 et 6, deux électrodes 27a et 27b opposées et horizontales. Ces électrodes 27a et 27b sont déplaçables l'une vers l'autre par au moins un organe d'actionnement désigné
10 par la référence générale 28.

Comme montré à la Fig. 6, cet organe d'actionnement 28 est formé par un premier piston 29 et par un second piston 30 déterminant entre eux une chambre 31 fermée circonférentiellement par un soufflet 32 métallique par exemple en acier inoxydable, la chambre 31 étant alimentée en air sous pression
15 par des moyens appropriés.

L'électrode 27a est solidaire du premier piston 29 tandis que l'électrode 27b est solidaire d'une plaque support 33 qui est reliée à une plaque support opposée 34 par au moins deux éléments de liaison 35 s'étendant parallèlement et de part et d'autre des électrodes 27a et 27b, cette plaque
20 support 34 étant solidaire du second piston 30.

Les deux tiges de liaison 35 traversent l'élément inférieur 25 du caisson 20, au-dessous de la cloison transversale 25a ainsi qu'une plaque support intermédiaire 36 disposée entre les plaques 33 et 34 et s'étendant parallèlement à celles ci. La plaque support intermédiaire 36 est solidaire de
25 l'électrode 27a et du piston 29. Des organes élastiques 37, constitués par exemple par des ressorts hélicoïdaux, sont placés sur chaque tige de liaison 35, d'une part, entre l'élément inférieur 25 et la plaque support 33 et, d'autre part, entre l'élément inférieur 25 et la plaque intermédiaire 36. Un soufflet métallique d'étanchéité 38, par exemple en acier oxydable, est interposé entre l'élément
30 inférieur 25 et la plaque support 33 et entre cet élément inférieur 25 du caisson 20 et la plaque support intermédiaire 36.

Lorsque de l'air sous pression est injecté dans la chambre 31, le premier piston 29 se déplace vers l'axe de la cartouche 1 et entraîne l'électrode 27a tandis que le second piston 30 se déplace dans une direction opposée. Le second piston 30 entraîne les tiges de liaison 35 qui elles-mêmes déplacent
5 l'électrode 27b vers l'axe de la cartouche 1 dans une direction opposée à la direction de déplacement de l'électrode 27a. Les deux électrodes 27a et 27b se déplacent donc l'une vers l'autre.

Dès que l'alimentation de la chambre 31 en air sous pression est arrêtée, les ressorts de rappel 37 en agissant sur la plaque support 33 et la
10 plaque support intermédiaire 36, ramènent les électrodes 27a et 27b ainsi que les pistons 29 et 30 dans leur position initiale.

Enfin, les électrodes 27a et 27b sont reliées à des moyens d'alimentation électrique, non représentés.

Lors du déplacement des électrodes 27a et 27b l'une vers l'autre,
15 ces électrodes écrasent une portion de l'évent 5 de la cartouche 1 et ces électrodes sont alimentées électriquement de façon à réaliser une soudure par résistance de la portion écrasée de l'évent 5, comme on le verra ultérieurement.

Pour cela, ces électrodes 27a et 27b doivent être placées au niveau de l'évent 5 entre les pattes de manutention 6 de la cartouche 1, ainsi que
20 représenté sur les Figs. 4 et 6.

Comme montré sur les Figs. 4 et 7, les moyens de positionnement angulaire dans un plan horizontal du caisson 20 comprennent quatre pions 40 verticaux, disposés à 90° les uns par rapport aux autres et fixés au-dessous de la cloison transversale 25a du cylindre 25. Chaque pion 40
25 présente une extrémité libre conique.

Ainsi, lors du positionnement du caisson 20 sur la cartouche 1, les pions 40 butent contre les pattes de manutention 6 dans le cas où ce caisson 20 n'est pas dans la position permettant aux électrodes 27a et 27b de se positionner entre lesdites pattes de manutention 6, comme représenté à la Fig. 7.

30 Les extrémités coniques des pions 40 glissent le long des pattes de manutention 6 ce qui provoque la rotation du caisson 20 de telle manière que ledit caisson 20 poursuive sa descente permettant ainsi aux électrodes 27a et

27b de se positionner au niveau de l'évent 5 de la cartouche 1, comme représenté à la Fig. 4.

Dans le cas où la soudure effectuée sur l'évent 5 par les électrodes 27a et 27b ne donne pas satisfaction après un contrôle comme on le verra ultérieurement, l'opérateur a la possibilité d'agir sur une manette 41 (Fig. 4) pour commander les moyens de déplacement vertical du caisson 20 et de ce fait des électrodes 27a et 27b afin de réaliser une nouvelle soudure sur l'évent 5 au-dessous de celle précédemment effectuée.

A cet effet, le caisson 20 comporte au moins un pion 40a et dans l'exemple de réalisation représenté sur les figures, deux pions 40a destinés à venir s'appuyer chacun sur une poignée de manutention 6 de la cartouche 1.

Les pions 40a traversent la cloison interne 25a du cylindre 25 (Fig. 5) et sont reliés à un axe 42 vertical disposé à l'intérieur du cylindre 25 du caisson 20. L'axe 42 comporte à son extrémité opposée à celle supportant les pions 40a, un orifice transversal 42a dans lequel est placé un excentrique 43 (Fig. 5) qui est relié à la manette 41.

L'opérateur en faisant pivoter la manette 41 provoque, par la rotation de l'excentrique 43, la descente du caisson 20 et du tube 21 étant donné que le déplacement vertical de l'axe 42 est bloqué par les pions 40a qui sont en appui sur les pattes de manutention 6 de la cartouche 1.

Les éléments 25 et 26 du caisson 20 sont repliés entre eux par une table à billes 45 à mouvements croisés de type connu, qui permet à l'élément inférieur 25 de se déplacer dans un plan horizontal indépendamment de l'élément supérieur 26. Par ailleurs, l'ensemble du caisson 20 formé par les éléments 25 et 26 ainsi que le tube 21 solidaire de l'élément inférieur 25 est déplaçable en rotation.

Enfin, les moyens de réinitialisation en position angulaire du caisson 20 sont formés par au moins un galet 46 à axe horizontal et dans l'exemple de réalisation représenté sur les figures par deux galets 46 parallèles et fixés à l'extrémité supérieure de l'élément 26 par l'intermédiaire d'une chape 47. Chaque galet 46 coopère avec une surface de roulement 48 ménagée sur la

potence 15 et qui est en forme de V, ainsi que montré à la Fig. 4. Le fond 48a du V correspond à la référence de positionnement du caisson 20.

Le caisson 20 est relié par un conduit, non représenté, à une alimentation en gaz neutre sous pression, comme par exemple de l'hélium.

5 La fermeture de l'évent 5 de chaque cartouche 1 contenant du combustible nucléaire usé est réalisée de manière automatique et sécurisée de la façon suivante.

Tout d'abord, la cartouche 1 est positionnée verticalement au moyen par exemple d'un robot qui coopère avec les pattes de manutention 6 de façon à placer cette cartouche 1 sensiblement dans l'axe du caisson 20.

Ensuite, la potence 15 descend progressivement le caisson 20, les galets 46 étant en appui chacun sur le fond 48a du V de la surface de roulement 48 correspondante.

Le tube 21 glisse le long de la seconde partie 3 de la cartouche 1 et les pions 40 orientent angulairement dans un plan horizontal le caisson 20 en venant buter contre les pattes de manutention 6 de façon à placer les électrodes 27a et 27b entre lesdites pattes de manutention 6 au niveau de la partie supérieure de l'évent 5 de la cartouche 1. Le déplacement de l'élément inférieur 25 du caisson 20 par rapport à l'élément supérieur 26 est possible grâce à la table à billes 45 à mouvements croisés. Les pions verticaux 40a sont en appui chacun sur une patte de manutention 6 et l'ensemble formé par le caisson 20 et le tube 21 se trouve dans la position représentée sur les Figs. 4 et 5. Dans cette position, les galets 46 sont écartés des surfaces de roulement 48, ainsi que montré à la Fig. 4.

25 Ensuite, l'opérateur commande l'admission d'air sous pression dans la chambre 24 ce qui a pour effet de déplacer le piston 23 et de comprimer le joint d'étanchéité 22 qui vient s'appliquer sur la surface externe du premier élément 2 de la cartouche 1 au-dessous de la soudure 7 assurant ainsi l'étanchéité du tube 21 et de l'espace ménagé dans l'élément 25 au-dessous de la cloison transversale 25a et dans lequel sont positionnées les électrodes 27a et 27b. L'étanchéité est également assurée par les soufflets métalliques 38.

L'opérateur réalise le vide à l'intérieur de la cartouche 1 et commande l'injection dans le tube 21 et dans la cartouche 1 du gaz neutre sous une pression contrôlée. La cartouche est donc remplie de ce gaz.

5 Ensuite, l'opérateur commande l'admission d'air sous pression dans la chambre 31 ce qui entraîne le déplacement des pistons 29 et 30 et des électrodes 27a et 27b qui se déplacent l'une vers l'autre transversalement à l'évent 5 de la cartouche 1.

Dans un premier temps, les électrodes 27a et 27b écrasent une portion de l'évent et maintiennent le serrage pendant un temps déterminé, puis
10 ces électrodes 27a et 27b sont alimentées électriquement à environ 4500A pour préchauffer ladite portion écrasée de l'évent 5. Ensuite, les électrodes 27a et 27b sont alimentées électriquement à environ 10000A pendant un temps déterminé pour effectuer le soudage par résistance de ladite portion écrasée de l'évent 5. Les électrodes 27a et 27b maintiennent la zone soudée serrée pour réaliser un
15 forgeage de cette zone.

Après cette opération de soudage, l'alimentation en air de la chambre 31 est stoppée ce qui provoque par l'intermédiaire des ressorts hélicoïdaux 37 et des plaques 33 et 36 le rappel des électrodes 27a et 27b qui reprennent leur position initiale en s'écartant de l'évent 5.

20 L'opérateur retire le caisson 20 en le soulevant par l'intermédiaire de la potence 15. Lors de ce retrait, les galets 46 viennent en appui chacun sur la surface du roulement 48 correspondante et du fait de la forme en V de cette surface de roulement, les galets roulent et viennent se positionner dans le fond du V ce qui réinitialise la position angulaire dans un plan horizontal du caisson
25 20.

L'opérateur effectue ensuite par des moyens appropriés du type connu, un contrôle de l'étanchéité, d'une part, de la soudure 7 et, d'autre part, de la soudure effectuée sur l'évent 5 de la cartouche 1. Ce contrôle est effectué en détectant une éventuelle fuite de gaz neutre au niveau de ces soudures par des
30 appareils de détection.

Dans le cas où l'étanchéité de la portion soudée de l'évent 5 de la cartouche 1 ne donne pas satisfaction, l'opérateur replace le caisson 20 et le

tube 21 sur la cartouche 1 afin de repositionner les électrodes 27a et 27b au niveau de l'évent 5.

La portion préalablement soudée de l'évent 5 étant placée à la partie supérieure de cet événement 5, l'opérateur a la possibilité d'effectuer une
5 seconde soudure au-dessous de la première.

Pour cela, l'opérateur fait pivoter la manette 41 ce qui provoque par l'intermédiaire du système à excentrique 43 la descente du tube 21, de l'élément inférieur 25 du caisson 20 et par conséquent des électrodes 27a et 27b du fait de l'appui des deux pions verticaux 40a sur les pattes de manutention 6 de
10 la cartouche 1.

L'opérateur effectue un nouveau soudage sur l'évent 5 en procédant de la même manière que celle précédemment décrite.

Avec l'installation selon l'invention, les différentes opérations de fermeture de chaque cartouche de confinement de combustible usé sont
15 assurées de façon automatique et sécurisée. De plus, ces opérations sont conçues pour une application industrielle dans une installation à l'atmosphère.

L'installation de confinement selon l'invention et le procédé de confinement correspondant permettent donc de réaliser de manière très sûre un confinement de longue durée de combustible nucléaire usé.

20 L'invention ne se limite pas directement au mode de réalisation qui a été décrit.

REVENDEICATIONS

1. Procédé automatique de confinement étanche et sécurisé de combustible nucléaire usé dans une cartouche (1) comprenant une première partie (2) cylindrique, obturée à une extrémité et ouverte à l'autre extrémité, une
5 seconde partie (3) cylindrique ouverte à une extrémité et obturée à l'autre extrémité par un couvercle (4) muni d'un évent (5) dans l'axe de la cartouche (1), caractérisé en ce que :

- on introduit le combustible nucléaire usé dans la première partie (2) de la cartouche (1),
- 10 - on place la seconde partie (3) sur la première partie (2) et on soude les deux parties (2, 3) entre elles,
- on coiffe de manière étanche la seconde partie (3) muni du couvercle (4) par un caisson (20),
- on fait le vide dans la cartouche (1),
- 15 - on remplit la cartouche et le caisson par un gaz neutre sous une pression contrôlée,
- on écrase une portion de l'évent (5) et on effectue une soudure par résistance de la portion écrasée de l'évent (5),
- on retire le caisson (20), et
- 20 - on contrôle l'étanchéité des soudures en détectant une éventuelle fuite de gaz neutre au niveau desdites soudures.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'entre l'opération d'écrasement et l'opération de soudure de la portion de l'évent (5), on préchauffe cette portion et, après l'opération de soudure, on maintient pendant un
25 temps déterminé ladite portion serrée pour réaliser un forgeage.

3. Installation automatique de confinement étanche et sécurisé de combustible nucléaire usé dans une cartouche (1) comprenant une première partie (2) cylindrique, obturée à une extrémité et ouverte à l'autre extrémité, une seconde partie (3) cylindrique, ouverte à une extrémité et obturée à l'autre
30 extrémité par un couvercle (4) muni d'un évent (5) dans l'axe de la cartouche (1), caractérisé en ce qu'elle comprend :

- un ensemble (10) comportant des moyens d'introduction du combustible nucléaire usé dans la première partie (2) de la cartouche (1), des moyens (11) de pose de la seconde partie (3) sur la première partie (2) et des moyens (12) de soudage des deux parties (2, 3) de la cartouche (1) entre elles,
 - 5 - un caisson (20) vertical supportant un tube étanche (21) et destiné à coiffer la seconde partie (3) munie du couvercle (4) et comportant, en outre, des moyens d'alimentation de la cartouche (1) et du tube (21) en gaz neutre sous pression contrôlée et des moyens (27a, 27b, 28) d'écrasement d'une portion de l'évent (5) et de soudage par résistance de la portion écrasée dudit
10 évent (5), et
 - un ensemble de contrôle de l'étanchéité des soudures par détection d'une éventuelle fuite de gaz neutre au niveau desdites soudures.
4. Installation selon la revendication 3, caractérisée en ce que le caisson (20) est mobile en rotation et comporte aussi des moyens (40) de
15 positionnement angulaire dans un plan horizontal des moyens (27a, 27b, 28) d'écrasement et de soudage par rapport à la cartouche (1), des moyens (40a) de positionnement vertical des moyens (27a, 27b, 28) d'écrasement et de soudage par rapport à l'évent (5) de la cartouche (1), des moyens (41, 42, 43) de déplacement vertical des moyens (27a, 27b, 28) d'écrasement et de soudage et
20 des moyens (46, 48) de réinitialisation en position angulaire du caisson (20) selon une référence après soudage de la portion de l'évent (5).
5. Installation selon la revendication 3 ou 4, caractérisée en ce que le tube (21) comporte, à son extrémité inférieure, un organe d'étanchéité (22) sur la face externe de la première partie (2) de la cartouche (1).
- 25 6. Installation selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisée en ce que le caisson (20) est formé par un élément inférieur (25) supportant le tube (21) et comportant lesdits moyens (40) de positionnement angulaire et vertical, lesdits moyens (27a, 27b, 28) d'écrasement et de soudage et lesdits moyens (41, 42, 43) de déplacement vertical et un élément supérieur
30 (26) relié à une potence (15) de manutention par lesdits moyens (46, 48) de réinitialisation en position angulaire.

7. Installation selon la revendication 6, caractérisée en ce que l'élément inférieur (25) du caisson (20) est formé par un cylindre comportant une cloison transversale (25a) interne.

5 8. Installation selon l'une quelconque des revendications 3 à 7, caractérisée en ce que les moyens d'écrasement et de soudage sont formés par deux électrodes (27a, 27b) opposées et horizontales, déplaçables l'une vers l'autre par au moins un organe d'actionnement (28).

10 9. Installation selon l'une quelconque des revendications 3 à 8, caractérisée en ce que les moyens de position angulaire comprennent quatre pions (40) verticaux, disposés à 90° les uns par rapport aux autres et fixés au-dessous de la cloison transversale (25a) du cylindre (25), lesdits pions (40) étant destinés à coopérer avec le couvercle (4) pour orienter le caisson (20) au cours de son positionnement sur la cartouche (1).

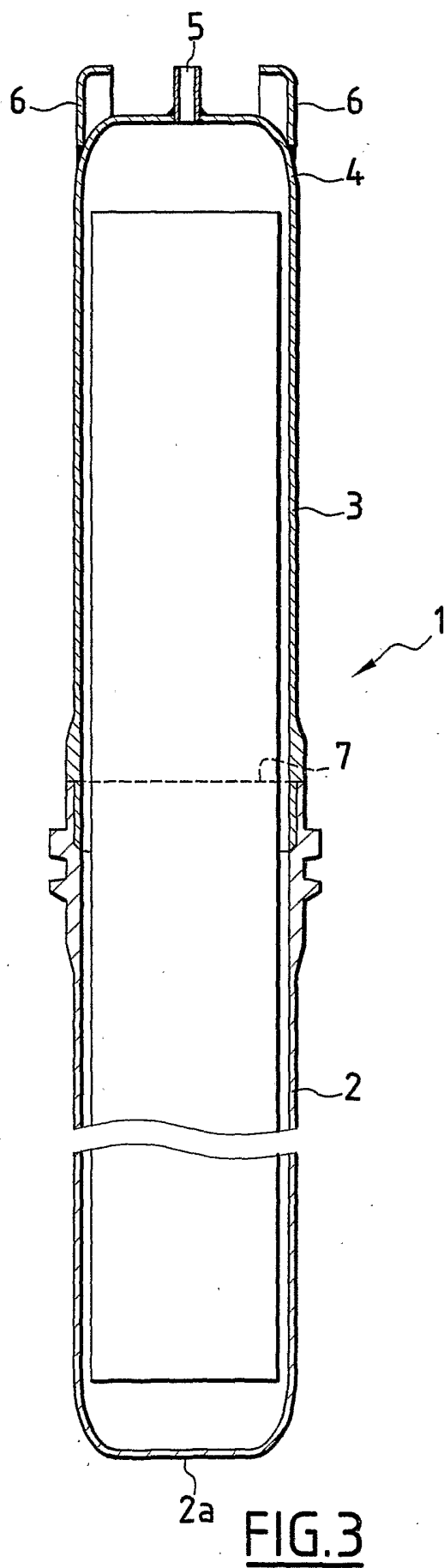
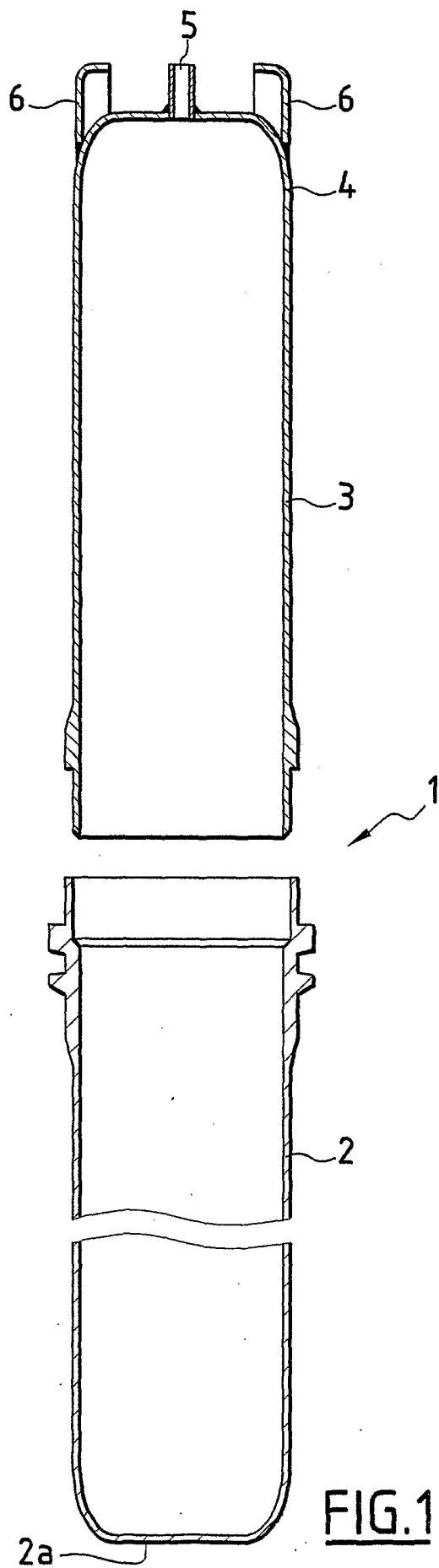
15 10. Installation selon l'une quelconque des revendications 3 à 9, caractérisée en ce que les moyens de positionnement vertical comprennent au moins un pion (40a) vertical destiné à prendre appui sur le couvercle (4) de la cartouche.

20 11. Installation selon l'une quelconque des revendications 3 à 10, caractérisée en ce que les moyens de déplacement vertical comprennent un système de commande à excentrique (41, 43) agissant sur un axe (42) portant ledit pion (40a) à l'intérieur du cylindre de l'élément inférieur (25) pour déplacer le caisson (20) lorsque ledit pion est en appui sur le couvercle (4).

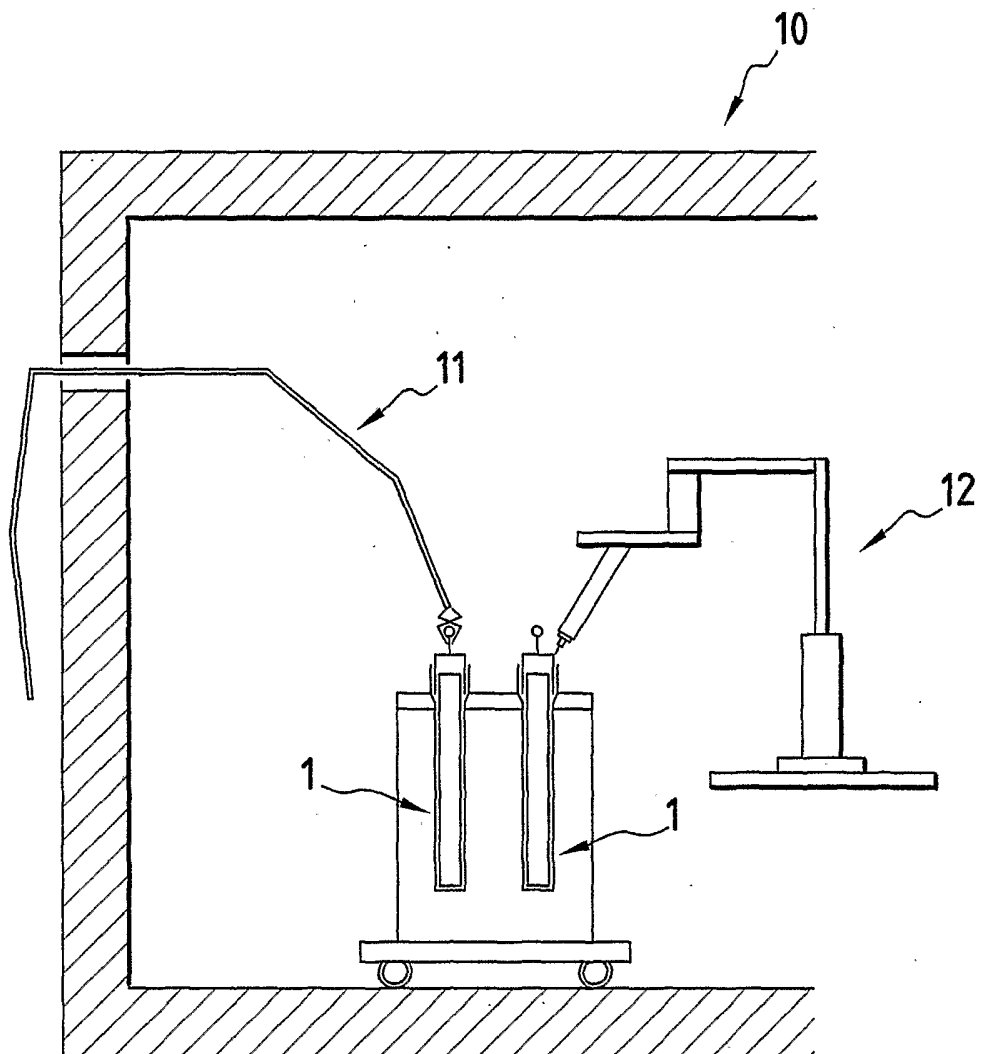
25 12. Installation selon l'une quelconque des revendications 3 à 11, caractérisée en ce que les moyens de réinitialisation en position angulaire du caisson (20) comprennent au moins un galet (46) à axe horizontal monté à l'extrémité supérieure de l'élément supérieur (26) du caisson (20) et par au moins une surface de roulement (48) dudit galet (46) ménagée sur la potence (15) et en forme de V, le fond (48a) du V correspondant à la référence de positionnement du caisson (20).

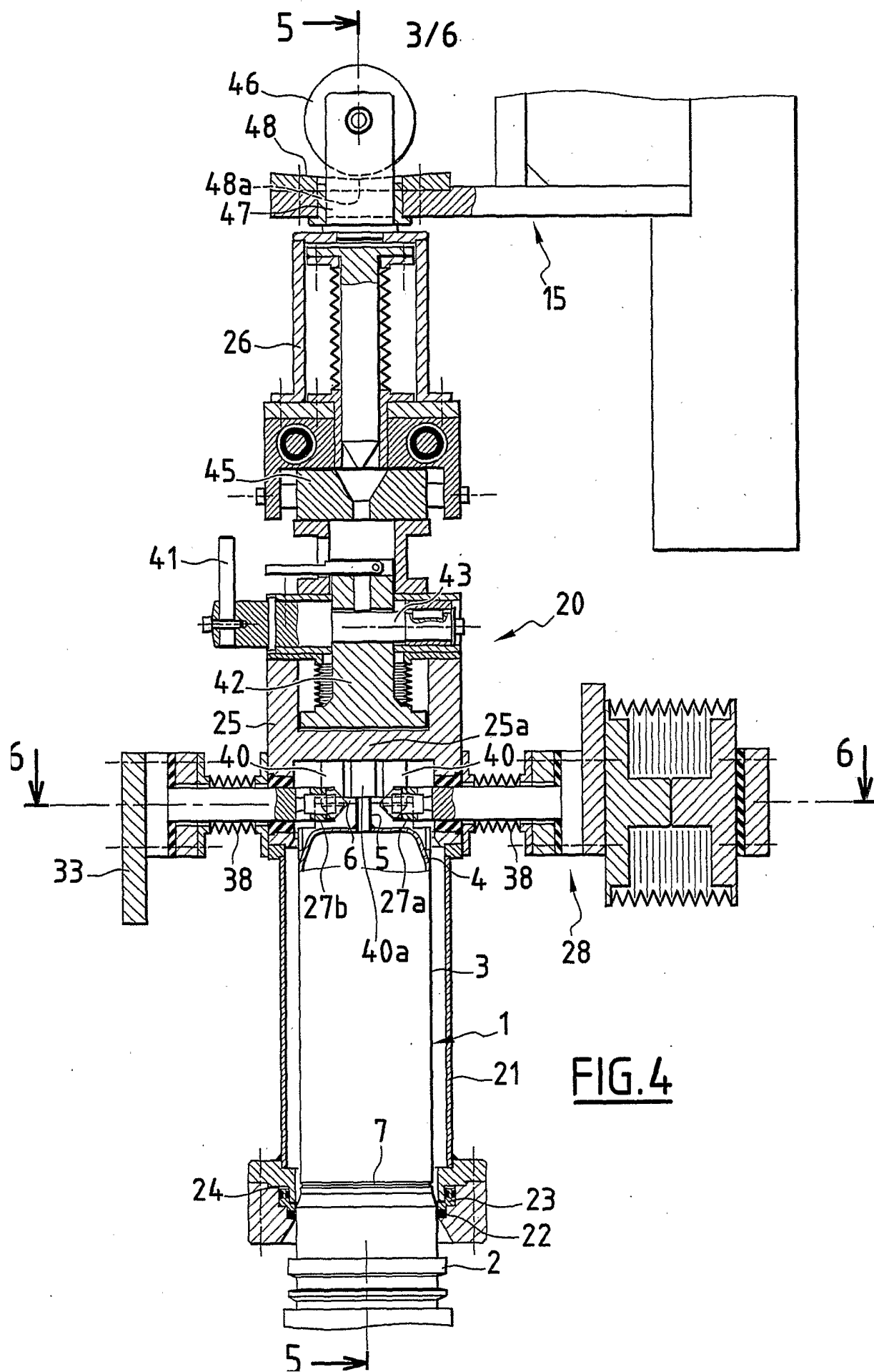
30 13. Installation selon l'une quelconque des revendications 3 à 12, caractérisée en ce que les éléments (25, 26) du caisson (20) sont reliés entre eux par une table à billes à mouvements croisés (45).

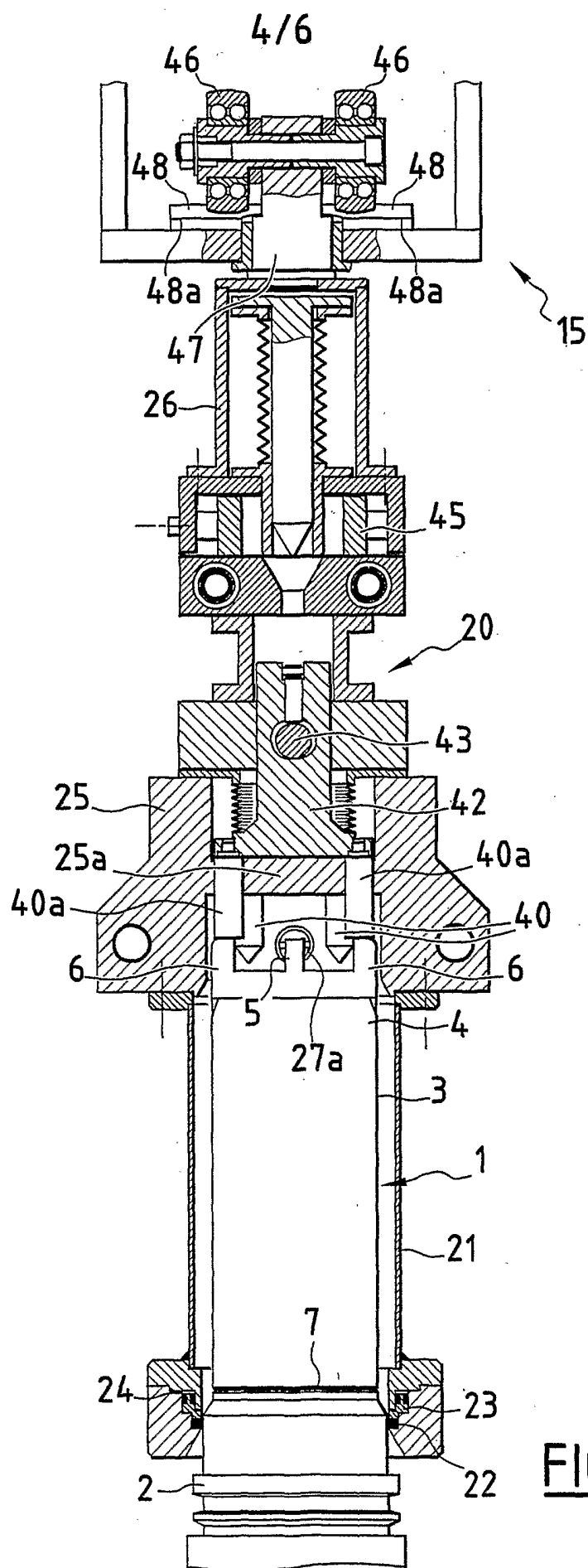
1/6



2/6

FIG.2



**FIG. 5**

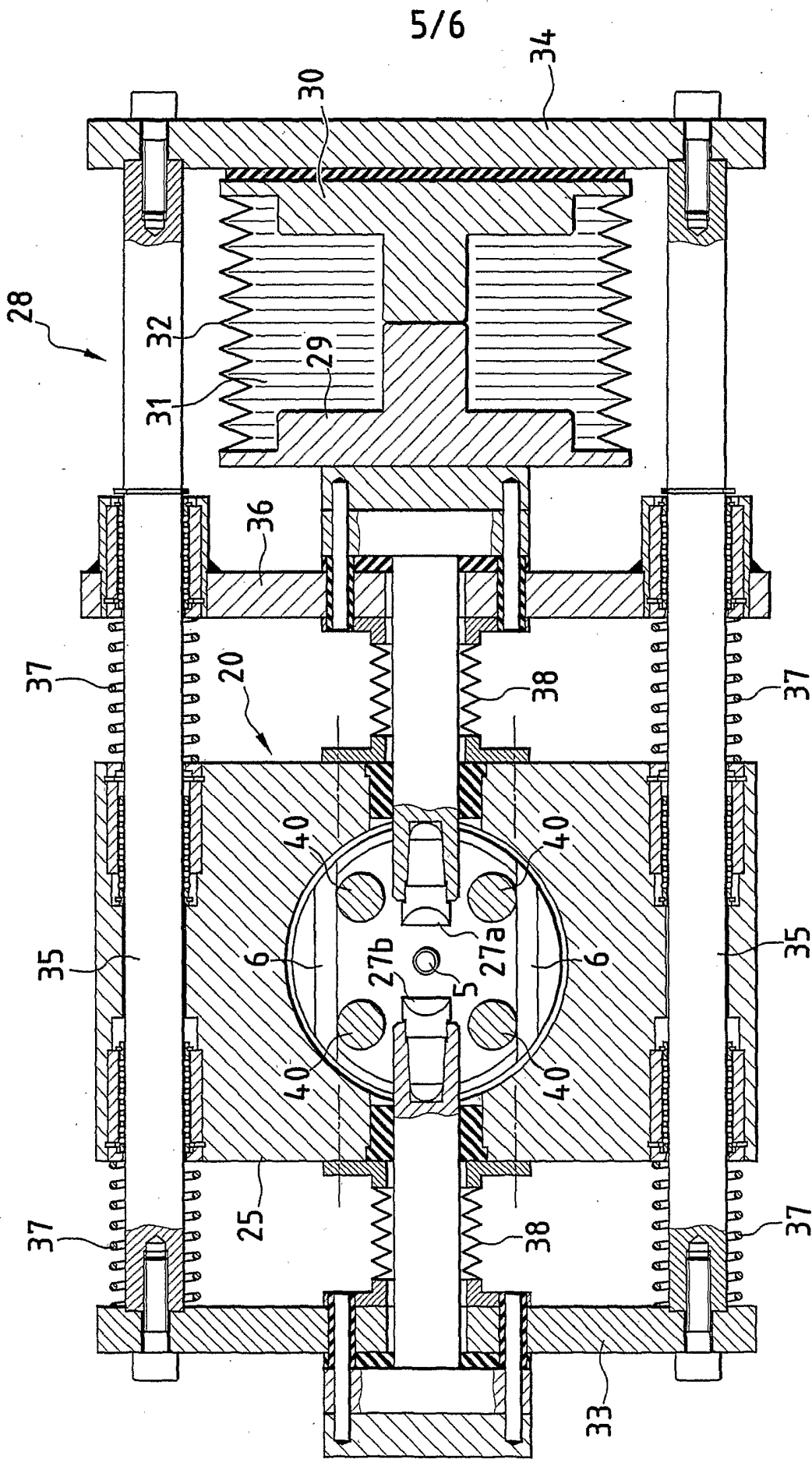
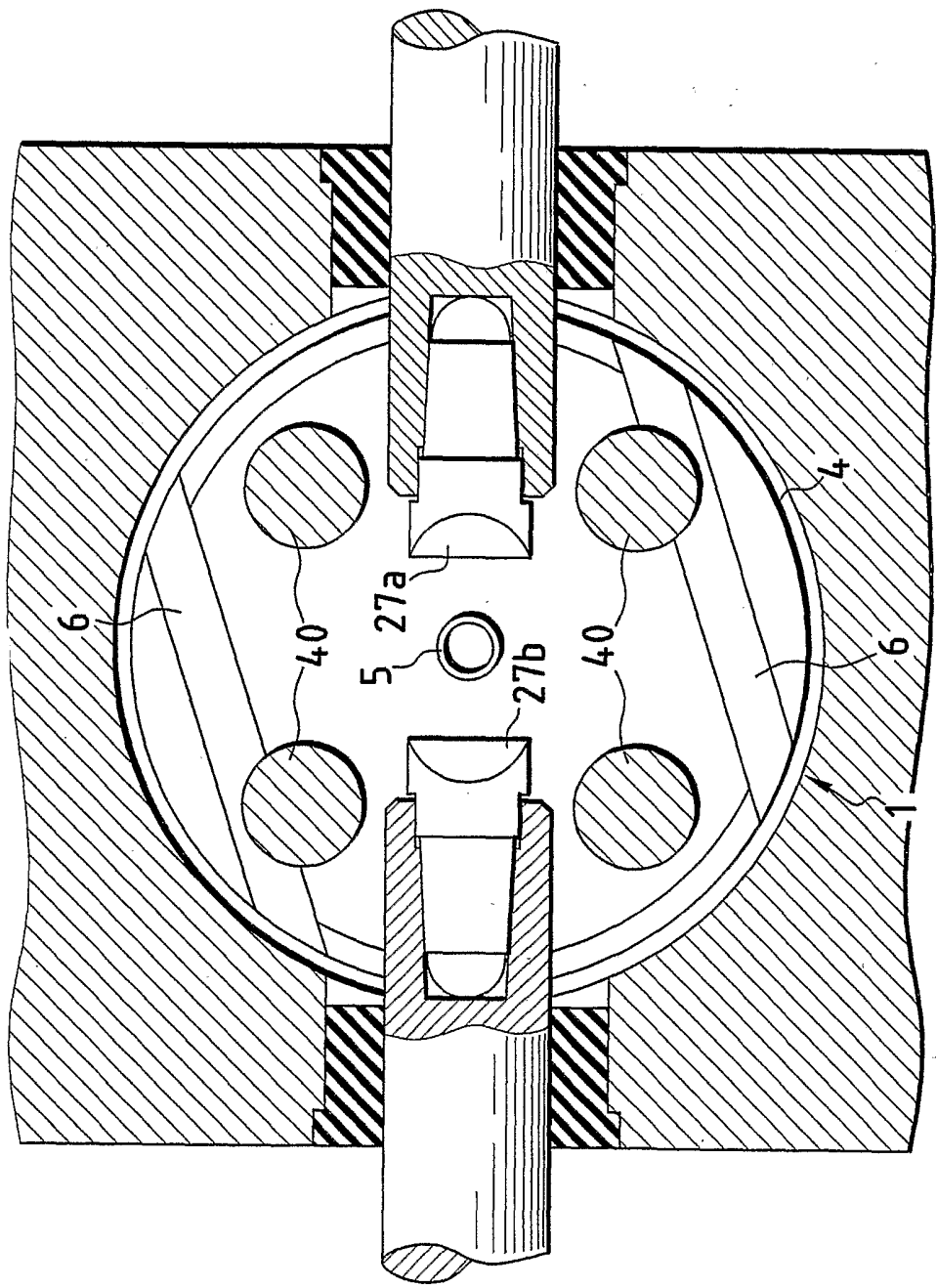


FIG. 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 03/01605

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G21F5/008 G21F5/12 G21F5/14 G21F9/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G21F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 34 40 260 C (WIEDERAUFARBEITUNG VON KERNBRE) 3 April 1986 (1986-04-03) the whole document	1, 3
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 11, 26 December 1995 (1995-12-26) & JP 07 218686 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD), 18 August 1995 (1995-08-18) abstract --- -/--	1, 3



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 November 2003

Date of mailing of the international search report

11/11/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Deroubaix, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 03/01605

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 200103 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class K07, AN 2001-022612 XP002229721 -& RU 2 154 316 C (SHIPBUILDING TECHN RES INST), 10 August 2000 (2000-08-10) abstract ---	1,3
A	FR 2 499 754 A (WIEDERAUFARBEITUNG VON KERNBRE) 13 August 1982 (1982-08-13) claim 1 ---	1,3
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 199811 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class K05, AN 1998-119299 XP002229722 -& RU 2 084 975 C (MECH ENG CONSTR BUR), 20 July 1997 (1997-07-20) abstract ---	1,3
A	DE 195 38 008 A (SIEMENS AG) 17 April 1997 (1997-04-17) abstract; figures 1,2 -----	1,3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 03/01605

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3440260	C	03-04-1986	DE 3440260 C1	03-04-1986
			BE 903424 A1	03-02-1986
			BR 8505454 A	05-08-1986
			DE 3448015 A1	07-05-1986
			FR 2572840 A1	09-05-1986
			GB 2166901 A ,B	14-05-1986
			JP 1826636 C	28-02-1994
			JP 61114199 A	31-05-1986
			US 4666494 A	19-05-1987
JP 07218686	A	18-08-1995	NONE	
RU 2154316	C	10-08-2000	RU 2154316 C2	10-08-2000
FR 2499754	A	13-08-1982	DE 3104366 A1	19-08-1982
			BE 892041 A1	27-05-1982
			DE 3153345 C2	01-06-1988
			FR 2499754 A1	13-08-1982
			GB 2100915 A ,B	06-01-1983
			GB 2139407 A ,B	07-11-1984
			JP 1040960 B	01-09-1989
			JP 1556805 C	23-04-1990
			JP 57148300 A	13-09-1982
			JP 1086099 A	30-03-1989
			JP 1741682 C	15-03-1993
			JP 4027520 B	12-05-1992
			US 4582674 A	15-04-1986
			US 4638134 A	20-01-1987
RU 2084975	C	20-07-1997	RU 2084975 C1	20-07-1997
DE 19538008	A	17-04-1997	DE 19538008 A1	17-04-1997

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR 03/01605

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 G21F5/008 G21F5/12 G21F5/14 G21F9/36

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G21F

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	DE 34 40 260 C (WIEDERAUFARBEITUNG VON KERNBRE) 3 avril 1986 (1986-04-03) le document en entier ---	1, 3
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 11, 26 décembre 1995 (1995-12-26) & JP 07 218686 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD), 18 août 1995 (1995-08-18) abrégé --- -/--	1, 3



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

A document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

E document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

L document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

O document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

P document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

& document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

3 novembre 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

11/11/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Deroubaix, P

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR 03/01605

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 200103 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class K07, AN 2001-022612 XP002229721 -& RU 2 154 316 C (SHIPBUILDING TECHN RES INST), 10 août 2000 (2000-08-10) abrégé ----	1,3
A	FR 2 499 754 A (WIEDERAUFARBEITUNG VON KERNBRE) 13 août 1982 (1982-08-13) revendication 1 ----	1,3
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 199811 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class K05, AN 1998-119299 XP002229722 -& RU 2 084 975 C (MECH ENG CONSTR BUR), 20 juillet 1997 (1997-07-20) abrégé ----	1,3
A	DE 195 38 008 A (SIEMENS AG) 17 avril 1997 (1997-04-17) abrégé; figures 1,2 -----	1,3

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR 03/01605

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 3440260	C	03-04-1986	DE 3440260 C1	03-04-1986
			BE 903424 A1	03-02-1986
			BR 8505454 A	05-08-1986
			DE 3448015 A1	07-05-1986
			FR 2572840 A1	09-05-1986
			GB 2166901 A ,B	14-05-1986
			JP 1826636 C	28-02-1994
			JP 61114199 A	31-05-1986
			US 4666494 A	19-05-1987
JP 07218686	A	18-08-1995	AUCUN	
RU 2154316	C	10-08-2000	RU 2154316 C2	10-08-2000
FR 2499754	A	13-08-1982	DE 3104366 A1	19-08-1982
			BE 892041 A1	27-05-1982
			DE 3153345 C2	01-06-1988
			FR 2499754 A1	13-08-1982
			GB 2100915 A ,B	06-01-1983
			GB 2139407 A ,B	07-11-1984
			JP 1040960 B	01-09-1989
			JP 1556805 C	23-04-1990
			JP 57148300 A	13-09-1982
			JP 1086099 A	30-03-1989
			JP 1741682 C	15-03-1993
			JP 4027520 B	12-05-1992
			US 4582674 A	15-04-1986
			US 4638134 A	20-01-1987
RU 2084975	C	20-07-1997	RU 2084975 C1	20-07-1997
DE 19538008	A	17-04-1997	DE 19538008 A1	17-04-1997